

Estimation and Testing of Stationary and Non-stationary Time-Series Models

著者	瀧本 太郎
号	10
学位授与番号	91
URL	http://hdl.handle.net/10097/38090

たき もと た ろう
瀧 本 太 郎

学 位 の 種 類 博 士 (経済学)

学 位 記 番 号 経博第91号博士 (経済学)

学位授与年月日 平成16年 3 月25日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当

研 究 科 ・ 専 攻 東北大学大学院経済学研究科 (博士課程後期 3 年の課程)
経済学専攻

論 文 題 目 Estimation and Testing of Stationary and Non-stationary Time-Series
Models
(定常・非定常時系列モデルの推定と検定)

博士論文審査委員 (主査)
教 授 細 谷 雄 三 教 授 照 井 伸 彦

論 文 内 容 の 要 旨

During the last three decades, considerable progress has been made in statistical time series analysis. For example, identification of stationary ARMA processes, heteroscedastic and/or autocorrelated models, cointegrating analysis for non-stationary processes, testing of causality, panel data analysis and so on. Moreover the rapid developments of the computer itself and computational technique enable us to deal with more complicated problems, especially multivariate time-series analysis and non-linear optimization, and many of those problems are not able to investigate until now because of heavy computational costs. In this work, we focus on estimation and testing of stationary and non-stationary time-series models and propose feasible computational methods for provided approaches giving its application to economic time-series.

The paper proceeds as follows. For examination of stationary vector-series, Part I is constructed by Chapters 2 and 3. In Chapter 2, we investigate multivariate stationary processes in the time-domain and frequency-domain approach and propose a three-step procedure for identification and estimation of VARMA models by extending Hannan and Rissanen (1982)'s method to in vector-valued series. On the basis of the provided procedure we consider the performance of *AIC* and *BIC* in selecting lag-order

and investigate differences of parameter estimates obtained in the time-domain and the frequency-domain by means of Monte Carlo simulation. Some results based on Monte Carlo simulation insist the superiority of BIC to AIC for selecting lag-order and the effectiveness of the frequency-domain approach because of much iteration conducted in Step 3 and smaller estimated covariance matrices obtained. Chapter 3 proposes an evaluation procedure for the asymptotic covariance matrix under mild stationary conditions of *i.i.d.* innovation processes given in Hosoya and Taniguchi (1982) who also dealt with non-*i.i.d.* cases and provides some simulation results for scalar or vector-valued and Gaussian and non-Gaussian processes based on the presented evaluation procedure. The results in Chapter 2 and 3 are based on the works of Takimoto (2001) and a portion of Takimoto and Hosoya (2003a).

In Part II we investigate non-stationary time-series in views of estimation and testing procedure. By expanding the three-step procedure given in Chapter 2, Chapter 4 gives a three-step procedure for cointegrated VARMAX models and testing procedures based on the direct use of the WLR statistic and considers the Gamma and Laguerre expansion approximations to the asymptotic null distribution of the Whittle likelihood ratio statistics in comparison to Doornik (1998) who studied the Gamma approximations to the limit distributions of the trace test and the maximum-eigenvalue test. As the Gamma distribution has adequate approximations by itself, we support the results given by Doornik (1998). For empirical applications, Chapter 4 examines three sets of trivariate time-series; the U.S. monthly interest-rates, the Japanese monthly interest-rates and the weekly financials of Japan and U.S. The results in this chapter are based on Takimoto and Hosoya (2003a). Chapter 5 provides the limiting distribution of the trace statistics for testing cointegration rank in the presence of trend breaks and p -value algorithm by means of Monte Carlo simulation of stochastic integrals. Moreover this chapter illustrates the computational procedure by applying proposed algorithm to Japanese macro-economic time-series. Chapter 5 is mainly based on Hosoya and Takimoto (2000) and one of numerical examples is based on Hosoya, Yao and Takimoto (2003). In Chapter 6 by modifying the proposed three-step procedure in Chapter 4 to take care of the root-conditions for stationarity and invertibility, we provide the numerical evaluation procedure for maximum Whittle likelihood (MWL) estimators. This procedure is different from the procedure given in Chapter 4 in that not in Step 2 but in Step 3 the lag-order structure is determined by BIC because Step 2 corrects all the root be outside of the unit circle by Jordan canonical form. After optimization of Whittle likelihood we choose the order of the concerned model. Also this chapter propose the simultaneous WLR test for selecting the cointegrating rank and conclude that each of the U.S. trivariate series which examined in Chapter 4 against the constant-mean alternative hypothesis [Reinsel and Ahn (1992) and Yap and Reinsel (1995) also investigated the same set-up and obtained two or one cointegrating vector] is trend-stationary process independently under the trend-stationary full-rank alternative hypothesis. The results in this

chapter are based on Takimoto and Hosoya (2003b) and Hosoya and Takimoto (2003).

For all the numerical results, this article used Fortran programs and employed the supercomputers NEC SX-4 and SX-7 of Tohoku University Synergy Center.

論文審査結果の要旨

本論文は時系列計量経済学の分野において、1960年代初めから現在にいたるまで数多くの研究がなされてきた定常時系列モデルの「識別」と「推定」、また1980年代から取り組みが始まり、今日まで精力的な研究がなされている非定常モデルの「共和分検定」を扱ったものであり、Whittle 尤度を基礎とした統一的な推定・検定法の提示という観点から書かれている。本論文は6つの章及びいくつかの定理の概観と計算で用いられた Fortran プログラムを掲載した付録から構成されている。章の構成は以下の通りである。

Chap.1 Introduction

Chap.2 Estimation methods for stationary models

Chap.3 Evaluation of the asymptotic covariance

Chap.4 Estimation and testing methods for non-stationary models

Chap.5 Testing for cointegrated AR models in the presence of trend breaks

Chap.6 A simultaneous Whittle likelihood-ratio test for the cointegration rank

Append A. Some theorems

Append B. Fortran programs

本論文は2部から成っている。第1部は定常時系列モデルを扱った第1章と第2章から構成され、第2部は第3章から第6章で構成されていて、非定常時系列モデルを扱っている。

第1章では、モデル選択、定常時系列の時間領域における推定、定常時系列の周波数領域における推定、単位根検定、非定常時系列の推定と共和分検定、構造変化がある場合の共和分検定、共和分ランクを検定する尤度比統計量の漸近分布の近似、入れ子型構造の対立仮説に対する同時検定、今後の拡張のためにフラクショナルなモデルの推定と検定に関して、これまでの研究諸成果を概観している。

第2章では時間領域と周波数領域の双方の観点から多変量定常時系列が扱われている。Hannan and Rissanen (1982) の方法を多変量に拡張して、多変量自己回帰移動平均モデルの識別と推定を行う3段階推定法が新たに提案されている。提案された方法に基づいて、ラグ構造を選択する際の赤池情報量とシュワルツ情報量を考察し、また、時間領域と周波数領域におけるモデルに含まれる係数の推定値の違いをモンテカルロシミュレーションによって検討している。シミュレーションに基づいた結果では、ラグ次数を決定する際に赤池情報量よりシュワルツ情報量の方が優位性を持つこと、周波数領域で得られた推定値の方が効率的に推定の第3段階で Whittle 尤度を用いると繰

り返しの回数が時間領域の場合よりも多く行われているため、より小さい共分散行列が推定されるためであるとの結論を与えている。

第3章では、Hosoya and Taniguchi (1982) で与えられたゆるい非正規・定常条件の下での漸近共分散行列の定理に基づいて、推定量の漸近分散行列の具体的な数値計算法を提案している。Hosoya and Taniguchi (1982) では一般の定常過程に関して証明されているが、この章の計算法は、独立・同一分布に従う場合のみ扱っていて、さらなる拡張の余地は残されている。

第2章で提案された3段階推定法を拡張することによって、第4章では、共和分関係のある多変量自己回帰移動平均モデルの推定と直接 Whittle 尤度を用いた共和分ランク検定が提案されている。また Doornik (1998) と比較しながら、Whittle 尤度比統計量の帰無仮説の下での漸近分布を Gamma と Laguerre 展開を用いて近似することを試みている。Doornik (1998) はトレース検定と最大固有値検定の極限分布を Gamma 分布で近似することを行っている。本章ではシミュレーションの結果から、Gamma 分布だけですでに十分に良好な近似を達成していることを明らかにしている。さらに、経験データへの応用として、本章では、アメリカの月次の利子率データ、日本の月次の利子率データ、日米の週次の株式データを詳細に分析している。

第5章では構造変化がある場合の共和分ランクを検定するトレース統計量の極限分布を与えている。確率積分のモンテカルロシミュレーションを用いて、確率値を計算するアルゴリズムを与えている。さらに、数値計算の例として、提案された検定アルゴリズムに基づいて、構造変化の位置を既知とした下で、日本のマクロ時系列データの共和分ランクを調べている。

第6章では、第4章で提案された3段階推定法を、定常性と反転可能性を満たすための根の条件を考慮できるように修正して、Whittle 推定量を具体的に評価するアルゴリズムを開発している。この推定法は、第2段階ではなく、第3段階でシュワルツ情報量によってラグ構造を決定するという点でも、第4章で与えられた推定法とは異なる。第2段階でジョルダン標準形を用いて、特性方程式のすべての根が単位円の外側にあるように、つまり、定常性と反転可能性の条件を満たすように修正されるために、Whittle 尤度関数を第3段階で最適化した後に、モデルのラグ次数を決定している。また、この章では、共和分ランクを選択する際に、同時 Whittle 尤度比検定を提案している。第4章と同じアメリカの利子率データを用いて、トレンド定常なフルランク対立仮説をおいた場合、トレンド定常過程が支持されるという結論を得ている。同じアメリカのデータを用いている第4章や Reinsel and Ahn (1992) や Yap and Reinsel (1995) の研究ではトレンド項を持たない定常過程を対立仮説に置き、共和分ランクが2ないし1という結論を得ていたが、この章ではこれらの研究とは明確に異なる結論を導いている。

本論文が定常・非定常時系列モデルの実データへの適用に関し、汎用性の高い統一的計算プログラムを開発し、統計的推測の漸近理論にもとづく経済データの分析を可能とした研究上の貢献は高く評価できる。また本論文における、実際の経済データへの適用とその分析結果の解釈も適切に行われている。

よって、本論文は博士（経済学）論文として「合格」と判定する。